

**JURUSAN ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

***MATERIAL BETON RENDAH EMISI
YANG BERKELANJUTAN***

**DR. IR. ERNI SETYOWATI, MT
PROF. DR. ING. IR. GAGOEK HARDIMAN
IR. PURWANTO., M.ENG**

**ISBN: 978-979-097-403-6
Februari, 2016
*UPT UNDIP PRESS***

PENGANTAR DARI DEKAN

Puji syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya dalam menuntun kami, akademisi yang selalu mengobarkan api semangat menularkan ilmu bermanfaat bagi lingkungan akademik tercinta, peneliti, dosen, mahasiswa, dan siapapun yang tiada henti-hentinya belajar menuntut ilmu. Sebagai Pimpinan Fakultas Teknik, senantiasa mendorong semangat kepada para dosen untuk berjuang mengembangkan ilmu, meneliti, mengabdikan demi mencerdaskan generasi penerus bangsa.

Sebagaimana telah dituangkan ke dalam Undang-undang No 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi bahwa Pendidikan Tinggi sebagai bagian dari sistem Pendidikan Nasional, Dosen memiliki peranan yang strategis dalam mencerdaskan kehidupan bangsa. Sementara dalam Tri Dharma Perguruan Tinggi, Perguruan Tinggi dituntut untuk melaksanakan pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Salah satu manifestasi bidang penelitian tersebut adalah penulisan buku teks maupun buku ajar yang menjadi salah satu bagian dari sistem infrastruktur pembelajaran dalam penyelenggaraan pendidikan di Perguruan Tinggi.

Buku ini merupakan hasil penelitian serial Material beton yang didanai oleh Universitas Diponegoro dan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, Republik Indonesia. Dengan terbitnya buku teks berjudul: “**Material Beton Rendah Emisi yang Berkelanjutan**” ini, maka diharapkan perkembangan ilmu material beton yang ramah lingkungan akan semakin ditingkatkan.

Sekali lagi, kami selalu bersyukur jika kualitas pendidikan didorong menjadi semakin baik, semakin berkembang. Akhir kata, semoga buku ini bermanfaat serta memberikan api semangat bagi dosen dan peneliti di Perguruan Tinggi manapun untuk terus berkarya dan menulis, meneliti dan mengembangkan keilmuan.

Februari, 2016
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

Ir. M. Agung Wibowo, M.M.,M.Sc,Ph.D

KATA PENGANTAR

Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang melimpahkan karunia-Nya atas terselesaikannya buku bertema Material Beton ini. Buku teks ini merupakan luaran dari kegiatan Hibah Penelitian yang didanai baik oleh Universitas Diponegoro maupun Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dalam 3 tahun terakhir. Hibah Penelitian tersebut adalah: Hibah Penelitian Unggulan Fakultas Teknik UNDIP, Hibah Riset Publikasi Internasional (RPI) UNDIP, dan Hibah Kompetensi. Harapan penulis agar buku ini bermanfaat bagi siapa saja yang berkepentingan.

Buku ini diawali dengan bagian pendahuluan, kemudian dilanjutkan dengan Kajian teori tentang material beton. Bagian ketiga buku ini akan membicarakan tentang metode penelitian yang terdiri dari: *density*, *compressive strength*, *modulus of elasticity*, *acoustic* dan *nano technology method*. Bagian selanjutnya berisi tentang deskripsi Material beton yang diawali dengan material beton dari limbah styrofoam, pada bagian kedua menceritakan tentang material beton dari limbah polymer. Pada bagian ketiga, penulis menceritakan tentang material beton berbahan limbah cangkang kerang.

Bagian terakhir buku ini berisi tentang kesimpulan dan rekomendasi dari sudut pandang bangunan dan lingkungan yang berkelanjutan. Akhir kata, semoga bermanfaat dan selamat membaca. Sekali lagi, penulis menghaturkan terima kasih yang tak terhingga pada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi dan Universitas Diponegoro yang telah memberikan Hibah Penelitian yang sangat bermanfaat bagi berkembangnya ilmu material, terutama material yang berkaitan dengan bangunan dan industri konstruksi.

Semarang, Februari, 2016

Penulis,
Dr. Ir. Erni Setyowati, MT

ABSTRAK

Dunia konstruksi baik secara langsung maupun tidak langsung turut berperan dalam kerusakan lingkungan yang berakibat pada pemanasan global dan perubahan iklim. Salah satunya adalah penggunaan semen dalam pembangunan yang telah menyumbang emisi CO₂ terbesar kedua setelah pembangkit tenaga listrik, yaitu sekitar sekitar 930 juta ton/tahun atau sekitar 7% dari total emisi gas CO₂ yang berkisar 13.470 juta ton/tahun (data *Inter-Governmental Panel on climate Change/IPCC*). Dalam mengatasi permasalahan ini, penerapan konsep hijau dalam pembangunan berkelanjutan atau yang sekarang ini dikenal dengan *green construction* harus dilakukan, salah satunya dengan modifikasi material penyusun beton. Isu lain tentang kenaikan harga minyak bumi mengakibatkan produk material konstruksi cenderung melambung tinggi termasuk material pengisi dinding jenis apapun dan sejumlah material konstruksi bangunan lainnya. Oleh karena itu rekayasa material hijau ini akan menjawab tantangan produk yang ekonomis dan berwawasan lingkungan.

Substitutor semen dalam rekayasa material ini digunakan untuk menghasilkan beton dengan bobot yang ringan, atau paling tidak lebih ringan daripada beton normal. Sedangkan penggunaan abu ampas tebu dalam rekayasa material ini dimaksudkan sebagai bahan substitusi semen, sehingga pemakaian semen dalam campuran beton dapat dikurangi. Penggunaan abu ampas tebu diambil dari Pabrik Gula Trangkil, Jawa Tengah. Dalam publikasi sebelumnya, penambahan abu ampas tebu terbukti mampu meningkatkan kuat tekan beton ringan yang dihasilkan karena sifatnya yang menyerupai *fly ash*. Namun demikian ada beberapa kelemahan, yaitu proses penghancuran sterofom dilakukan secara manual. *Mix design* beton yang dilakukan pada rekayasa material ini masih menggunakan metode *DOE* dengan penambahan abu ampas tebu komposisi 15% sebagaimana yang diterapkan pada kegiatan sebelumnya. *Sterofom*, *polymer* dan cangkang kerang digunakan sebagai pengganti agregat kasar sedangkan agregat halus yang digunakan adalah pasir muntitan. Metode yang sangat berbeda adalah disubstitusikannya sterofom dengan agregat *polymer* dan diaplikasikannya teknologi nano terhadap luaran produk material hijau ini sebagai upaya peningkatan mutu kualitas produk sehingga memiliki nilai jual dan nilai diseminasi massal ke masyarakat luas. Kebaharuan lain tentang material beton ini adalah dikembangkannya material *pre-pack concrete* sebagai bentuk perpaduan antara ilmu *civil engineering* dan *architecture engineering* sebagai produk material bangunan yang bernilai estetis sekaligus memiliki performa akustik yang dapat dipertimbangkan.

Keywords: Material hijau, beton ringan, *pre-pack concrete*.

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
PENGANTAR DARI DEKAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
GLOSSARY.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Prinsip Alur Kegiatan Penelitian	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1. Beton ringan (<i>Lightweight Concrete</i>)	6
2.2. Material ramah lingkungan pada Perumahan Bising	7
2.3. Material beton berbahan limbah	11
2.4. Desain Rumah Prefabrikasi Modular.....	12
BAB III METODE REKAYASA MATERIAL BETON	16
3.1 Diagram Alir Rekayasa Material	16
3.2 Proses Pembuatan Beton Ringan	17
3.3 <i>Modulus of Elasticity</i>	19
3.4 Metode Uji Koefisien Absorpsi	19
3.5 Metode Uji <i>Sound Transmission Loss (STL)</i>	20
3.6 Teknologi Nano (<i>Nano technology</i>)	21
3.7 X-ray Diffractometry	22
3.8 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	23
BAB IV MATERIAL BETON DARI LIMBAH STEROFOM	24
4.1 Latar Belakang	24
4.2 Limbah Styrofoam Dan Abu Ampas Tebu	24
4.3 Metode Pembuatan	26
4.4 Uji Material.....	29

BAB V MATERIAL BETON BERBAHAN LIMBAH <i>POLYMER</i>	32
5.1 Latar Belakang	32
5.2 Limbah <i>Polymer</i>	33
5.3 Metode Pembuatan	34
5.4 Uji Material	39
5.5 Hasil Kegiatan	39
5.5.1. Kerapatan (<i>Density</i>)	39
5.5.2. Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	40
5.5.3. <i>X-ray Diffractometry</i>	42
5.5.4. SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	44
5.5.5. Uji Akustik Material	45
BAB VI MATERIAL BETON BERBAHAN LIMBAH CANGKANG KERANG	57
6.1 Latar Belakang	57
6.2 Limbah Cangkang Kerang	57
6.3 Metode Pembuatan	59
6.4 Uji Material	60
6.4.1. Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	60
6.4.2. Koefisien Absorpsi dan <i>Sound Transmission Loss</i>	62
6.5 Kesimpulan	68
BAB VII KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	76
7.1. Kesimpulan	76
7.2. Rekomendasi dan Ucapan Terimakasih	77
DAFTAR PUSTAKA	78
BIODATA RINGKAS PENULIS	82
LAMPIRAN OUTPUT SAMPEL UJI AKUSTIK	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.01: Alur Rekayasa Material Beton	2
Gambar 1.02: Road Map rekayasa material berbahan limbah	3
Gambar 1.03: State of the Art Material Beton	4
Gambar 2.01: <i>Road Map</i> Material Hijau	5
Gambar 2.02: Master plan yang Antisipatif terhadap bising	7
Gambar 2.03: Model Rumah dengan Sterofom	8
Gambar 2.04: (a,b) Model Rumah dibawa ke lokasi observasi bising	8
Gambar 2.05: Master plan Perumahan Kawasan Bandara	9
Gambar 2.06: Disain unit rumah dengan pola deret cermin	9
Gambar 2.07: Disain unit rumah dengan pola deret berulang	10
Gambar 2.08: Desain Tampak depan Rumah dengan pola deret cermin dan deret berulang	10
Gambar 2.09: (a) Contoh maket rumah prefab modular pada ABC housing, (b) Sistem rangka yang fleksibel terhadap bencana di Jepang.....	13
Gambar 2.10: (a) Sistem rangka wall panel rumah di Kobe, Jepang; (b)Detail material finishing pada rangka panel dinding.....	13
Gambar 2.11: Disain sistem panel dinding dengan rekayasa material beton	14
Gambar 2.12: Model Rumah prefab modular sebagai output Rekayasa Material Beton	15
Gambar 3.01: Skema <i>Fish Bone</i> Rekayasa Material.....	16
Gambar 3.02:(a) Sampel hasil <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> ; (b) <i>Planetary Ball Mills (PBM)</i> di Laboratorium Terpadu	22
Gambar 3.03:(a) Perbesaran 2000 x serbuk serabut kelapa; (b) Unsur yang terkandung dalam serbuk serabut kelapa	23
Gambar 4.01. Limbah Sterofom	25
Gambar 4.02. Persiapan material	27
Gambar 4.03. Pencampuran material.....	27
Gambar 4.04. Penimbangan bahan	28
Gambar 4.05. Persiapan pengadukan.....	28
Gambar 4.06. Benda uji kuat tekan.....	28
Gambar 4.07. Pencetakan material uji	28
Gambar 4.08. Uji kuat tekan	28
Gambar 4.09. Output data kuat tekan	28
Gambar 4.10. Grafik penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tekan	31
Gambar 4.11.(a) Batafoam yang dihasilkan (b) Proses Uji <i>Sound Insulation</i> [5].....	31

Gambar 5.01. (a) Limbah Sterofom dan (b) limbah plastik.....	33
Gambar 5.02. Pengambilan limbah abu ampas tebu di pabrik gula Trangkil	35
Gambar 5.03. Penimbangan limbah abu ampas tebu	35
Gambar 5.04. Persiapan alat proses <i>mix design</i>	36
Gambar 5.05. Pencampuran agregat dengan pasir	36
Gambar 5.06. Pengadukan bahan pada laboratorium	36
Gambar 5.07. Penuangan campuran <i>mix design</i> ke dalam cetakan benda uji.....	36
Gambar 5.08. Pencetakan campuran beton	36
Gambar 5.09. Pencetakan campuran beton	36
Gambar 5.10. Persiapan <i>mix design</i>	37
Gambar 5.11. Persiapan pengadukan material	37
Gambar 5.12. <i>Planetary Ball Mills</i> pada laboratorium Terpadu UNDIP	37
Gambar 5.13. Agregat <i>polymer</i> dalam penelitian	37
Gambar 5.14. Persiapan penimbangan material	37
Gambar 5.15. Persiapan <i>mix design</i>	37
Gambar 5.16. Pengadukan agregat material beton (mortar)	38
Gambar 5.17. Penimbangan vaselin.....	38
Gambar 5.18. Proses pencetakan	38
Gambar 5.19. Cetakan benda uji	38
Gambar 5.20. Material uji Kuat tekan (<i>Compressive Strength</i>).....	38
Gambar 5.21. Uji Kuat Tekan (<i>Compressive Strength Test</i>)	38
Gambar 5.22: (a) SEM Nano abu ampas tebu setelah pengabuan; (b) SEM 3000 X Nano abu ampas tebu setelah pengabuan	44
Gambar 5.23: Komputerisasi <i>Output</i> Uji Akustik	46
Gambar 5.24: <i>Setting</i> sample ke dalam tabung impedansi	46
Gambar 5.25: Proses pemasangan sampel pada tabung Impedansi	47
Gambar 5.26: Uji Koefisien Absorpsi dengan tabung impedansi.....	47
Gambar 5.27: Koefisien Absorpsi mortar <i>Polymer</i>	47
Gambar 5.28: Proses analisis Uji STL	49
Gambar 5.29: <i>Setting</i> Alat Uji Akustik	49
Gambar 5.30: Nilai STL tersistem secara komputerisasi.....	50
Gambar 5.31: Tabung Impedansi.....	50
Gambar 5.32: <i>Sound Transmission Loss</i> (STL) mortar <i>Polymer</i>	51
Gambar 5.33. Limbah sedotan plastik	51
Gambar 5.34. Limbah sedotan plastik	51
Gambar 5.35. Limbah plastik mie instant	52
Gambar 5.36. Butiran agregat plastik	52
Gambar 5.37. Pemanasan limbah plastik.....	52

Gambar 5.38. Butiran agregat plastik	52
Gambar 5.39. Pemanasan limbah.....	52
Gambar 5.40. Proses pembuatan agregat.....	52
Gambar 5.41. Agregat yang direndam air.....	53
Gambar 5.42. Perendaman agregat plastik.....	52
Gambar 5.43. Agregat polimer ukuran sedang	53
Gambar 5.44. Agregat polimer ukuran kecil.....	53
Gambar 5.45. Pengemasan agregat	53
Gambar 5.46. Agregat <i>polymer</i> ukuran besar	53
Gambar 5.47. Agregat <i>polymer</i> dengan berbagai ukuran	54
Gambar 5.48. Agregat <i>polymer</i> ukuran sedang dan kecil	54
Gambar 5.49. Agregat <i>polymer</i> ukuran kecil	54
Gambar 5.50. Agregat <i>polymer</i> berbagai ukuran.....	54
Gambar 5.51. <i>Mix design</i> pada pabrik batako cetak	54
Gambar 5.52. <i>Mix design</i> bata <i>polymer</i>	54
Gambar 5.53. Pembuatan Bata <i>Polymer</i> pada perusahaan mitra	55
Gambar 5.54. Pembuatan Bata <i>Polymer</i> pada perusahaan mitra	55
Gambar 5.55. Mitra pemilik pabrik bata cetak	55
Gambar 5.56. Mesin <i>press</i> batako cetak	55
Gambar 5.57. Diskusi <i>shell-brick</i> di laboratorium.....	55
Gambar 5.58. Proses cetak bata <i>polymer</i>	56
Gambar 5.59. Proses cetak bata <i>polymer</i>	56
Gambar 5.60. Hasil cetakan bata <i>polymer</i>	56
Gambar 5.61. Hasil cetakan bata <i>polymer</i>	56
Gambar 6.01. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) dari (a) kerang hijau (b) kerang darah (c) kerang simping	58
Gambar 6.02.(a) Test Akustik: STL dan Koefisien Absorpsi (α) (b) Tabung impedansi	60
Gambar 6.03. Komposit mortar cangkang kerang (a) Kerang hijau; (b) Kerang simping; (c). Kerang darah	61
Gambar 6.04. Grafik Koefisien Absorpsi Mortar Cangkang Kerang	63
Gambar 6.05. Grafik <i>Means Plot</i> Koefisien Absorpsi Mortar Cangkang Kerang.....	64
Gambar 6.06. <i>Sound Transmission Loss</i> (STL) Mortar cangkang Kerang	65
Gambar 6.07. Grafik <i>Means Plot Sound Transmission Loss</i> (STL) Mortar Cangkang Kerang.....	66
Gambar 6.08. Cangkang kerang darah (<i>Perna viridis</i> Linn).....	69
Gambar 6.09. Serpihan cangkang kerang hijau (<i>Perna viridis</i> Linn)	69

Gambar 6.10. Cangkang kerang darah (<i>Anadara granosa</i> Linn).....	69
Gambar 6.11. Serpihan cangkang kerang darah (<i>Anadara granosa</i> Linn)	69
Gambar 6.12. Cangkang kerang simping (<i>Placuna placenta</i> Linn).....	69
Gambar 6.13. Serpihan cangkang kerang simping (<i>Placuna placenta</i> Linn)	69
Gambar 6.14. Penggerus manual dalam penelitian.....	70
Gambar 6.15. Mortar cangkang kerang dari ketiga jenis kerang	70
Gambar 6.16. Mortar cangkang kerang hijau (<i>Perna viridis</i> Linn)	70
Gambar 6.17. Mortar cangkang kerang simping (<i>Placuna placenta</i> Linn)	70
Gambar 6.18. Tabung Impedansi di Laboratorium Akustik	70
Gambar 6.19. Output data komputer pada laboratorium Akustik.....	70
Gambar 6.20. Mesin <i>press</i> pada pabrik batako pracetak mitra penelitian	71
Gambar 6.21. Kegiatan <i>mix-design</i> pada mitra penelitian	71
Gambar 6.22. Bata pracetak dari cangkang <i>Perna viridis</i> Linn	71
Gambar 6.23. Bata pracetak dari cangkang <i>Anadara granosa</i> Linn	71
Gambar 6.24. Bata pracetak dari cangkang <i>Placuna placenta</i> Linn	71
Gambar 6.25. Detail bata pracetak dari cangkang kerang	71
Gambar 6.26. Bata pracetak dari cangkang kerang	72
Gambar 6.27. Bata pracetak dari cangkang kerang	72
Gambar 6.28. Persiapan pembuatan panel dinding.....	72
Gambar 6.29. Persiapan pasir dan semen untuk pembuatan panel dinding.....	72
Gambar 6.30. Alat-alat yang digunakan	72
Gambar 6.31. Pencampuran agregat pada pembuatan panel dinding	72
Gambar 6.32. Proses pengadukan bahan	73
Gambar 6.33. Proses pengadukan bahan	73
Gambar 6.34. Pemberian air pada campuran beton	73
Gambar 6.35. Agregat pada beton	73
Gambar 6.36. Proses penuangan adonan pada rangka cetakan.....	73
Gambar 6.37. Proses pencetakan	74
Gambar 6.38. Proses pencetakan hampir selesai, tebal 5 cm.....	74
Gambar 6.39. Proses pencetakan sampai dengan beton mengeras	74
Gambar 6.40. Percobaan pembuatan <i>terazzo</i> berbahan cangkang kerang	75
Gambar 6.41. Pola cangkang kerang pada permukaan <i>terazzo</i>	75
Gambar 6.42. Detail pola cangkang kerang pada permukaan <i>terazzo</i>	75
Gambar 6.43. Perbandingan <i>terazzo</i> dengan yang ada di pasaran.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel III.01: Jumlah Benda Uji Silinder Komposisi Ampas Tebu	18
Tabel IV.01: Unsur yang terkandung dalam ampas tebu.....	26
Tabel IV.02: Jumlah Obyek Uji Silinder Komposisi Variasi Ampas Tebu	30
Tabel IV.03: Persentase penambahan optimal abu ampas tebu adalah 15%	30
Table V.01: Kerapatan sampel material mortar <i>polymer</i>	40
Table V.02: Kuat tekan Sampel material mortar <i>polymer</i>	41
Tabel V.03: Komposisi Oksida Nano abu ampas tebu tanpa pengabuan	42
Tabel V.04: Perbandingan ukuran unsur kimia dalam NSCBA sebelum dan sesudah pengabuan.....	43
Tabel V.05: Unsur dalam nano abu ampas tebu setelah pengabuan	44
Tabel V.06: Perbandingan kandungan unsur nano baggase ash sebelum dan sesudah pengabuan	45
Table V.07: Kategori Nilai STC/STL Bahan.....	49
Table VI.01: Kubus 5x5x5 cm ³ uji Kuat Tekan Material Cangkang Kerang	59
Tabel VI.02: Test Kuat tekan pada mortar Cangkang kerang	61
Tabel VI.03: Statistik Deskriptif Performa Koefisien Absorpsi Mortar Cangkang Kerang.....	64
Tabel VI.04: Performa Akustik (frekuensi 500 – 1000 Hz) Mortar Cangkang Kerang.....	66
Tabel VI.05: Peringkat Koefisien Absorpsi Mortar Cangkang Kerang	67
Tabel VI.05: Peringkat <i>Sound Transmission Loss</i> Mortar Cangkang Kerang ..	67

GLOSSARY

<i>Compare Means Methods</i>	:	Analisis Statistik dalam penelitian eksperimental untuk mengetahui nilai perbedaan sekelompok data, disebut juga Metode Uji Beda Rata-rata.
dB (A)	:	<i>Deci Bell</i> (dengan skala pengukuran / pembobotan A)
H ₁	:	Hipotesa Satu (<i>Alternative Hypothesis</i>)
L _{eq}	:	<i>Level of Sound equivalent</i> (dBA)
log	:	<i>logarithmic</i>
L _{sum}	:	<i>Sum of Sound Level</i> (dBA)
L _{total}	:	<i>Total of Sound level</i> (dBA)
r'	:	Jarak antara sumber bunyi dan bangunan setelah perputaran orientasi
r ₁	:	Jarak antara sumber bunyi L ₁ dan penerima (meter)
R ²	:	Nilai Asosiasi Korelasi (<i>R square</i>)
r ₂	:	Jarak antara sumber bunyi L ₂ dan penerima (meter)
STC	:	<i>Sound Transmission Criteria</i>

STL	: Sound Transmission Loss
T_i	: Durasi waktu level L_i
A	: Amplitudo
π/ω	: konstanta
α	: Sudut orientasi ($^\circ$)
$\frac{\pi}{\omega}\alpha_c$: fase
TL (STL)	: Nilai rerugi transmisi suara /STL partisi didefinisikan sebagai rasio logaritma antara tekanan bunyi yang ditransmisikan (W_t) dan tekanan suara yang datang pada permukaan bahan/material partisi (W_i).
Planetary Ball Mills (PBM)	: Mesin penggiling material, dari berukuran mikro menjadi berukuran nano (10^{-9} meter)
σ	: kuat tekan dalam MPa atau N/mm ²
E	: Modulus Elastisitas dalam MPa atau N/mm ²
ϵ	: merupakan konstanta tegangan
P	: merupakan kekuatan dalam Ton atau kg
A	: adalah luas permukaan material dalam m ² , cm ² atau mm ²
α_0	: konstanta dalam MPa atau N/mm ²
Scanning Electron Microscopy	: Modus Elektron yang menggunakan sinar elektron berenergi tinggi untuk menguji objek. Hal ini karena ukuran partikel nano merupakan konstanta tegangan yang sangat kecil (10^{-9} meter) sehingga tidak dapat dilihat oleh mikroskop cahaya yang hanya memiliki panjang gelombang adalah luas permukaan material dalam m ² , cm ² atau mm ² cahaya tampak sekitar 400-700 nm
Analisis X-Ray Diffraction	: dilakukan untuk mengetahui struktur dan ukuran kristal. Informasi tentang jenis kristal yang terdapat pada bagasse adalah untuk mengetahui target ukuran yang akan dihasilkan dari proses milling berdasarkan persamaan <i>Debye Scherrer</i>
Rumus Debye Scherer	: Rumus yang dipergunakan untuk memprediksi ukuran kristalin dalam material. Rumus ini juga dipergunakan untuk memastikan apakah partikel dalam suatu material sudah berukuran nanometer. $D = \frac{57,3 \times K \times \lambda}{\beta \times \cos \theta}$
D	: Ukuran bulir Kristal (nanometer)
K	: Suatu konstanta (untuk semua bahan oksida adalah 0,94)
λ	: Panjang gelombang sinar-x yang digunakan ($\lambda=1,54060 \text{ \AA}$)
β	: nilai FWHM (<i>Full Width at Half Maximum</i> , diperoleh dari data <i>X-Ray Diffraction</i>)
θ	: Sudut puncak difraksi Kristal pada persamaan Scherer.
n	: rasio gelombang berdiri
F	: Gaya (kg)
A	: Luas penampang (cm ²)
xi	

W_t : tekanan bunyi yang ditransmisikan
 W_i : tekanan suara yang datang pada permukaan bahan/material partisi